

(51) Int. Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	マーク <sup>1</sup> (参考)
B60T 8/58		B60T 8/58	H 3D041
B60K 31/00		B60K 31/00	Z 3D044
41/00	301	41/00	301 A 3D046
			301 F 3G093
41/20		41/20	

審査請求 未請求 請求項の数19 O L (全12頁) 最終頁に続く

(21)出願番号	特願2000-182034(P2000-182034)	(71)出願人 000005278 株式会社ブリヂストン 東京都中央区京橋1丁目10番1号
(22)出願日	平成12年6月16日(2000.6.16)	(72)発明者 森永 啓詩 埼玉県入間市下藤沢1062-1
		(72)発明者 大谷 光司 東京都小平市小川東町3-2-7
		(72)発明者 横田 英俊 神奈川県川崎市高津区末長513-305
		(74)代理人 100080296 弁理士 宮園 純一

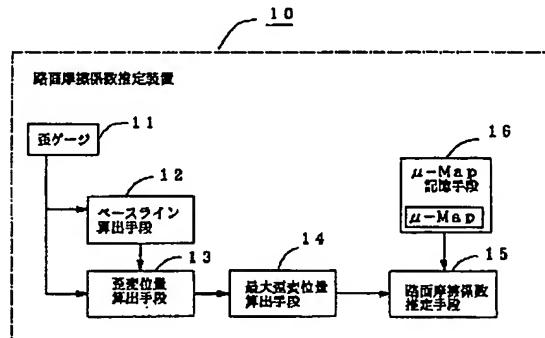
最終頁に続く

(54)【発明の名称】路面摩擦係数の推定方法と路面摩擦係数推定装置、路面状態推定装置、路面滑り警告装置、及び車両制御方法と車両制御装置

(57)【要約】

【課題】車両が走行している路面の路面摩擦係数あるいは路面状態を精度よく推定するとともに、上記推定された路面摩擦係数や路面状態を用いて車両の走行状態をフィードバック制御し、車両の安全性を高める。

【解決手段】タイヤトレッド主溝部のタイヤ幅方向溝の内面に取付けられた歪ゲージ11により、タイヤ周方向の内面歪を連続的に計測し、歪変位量算出手段13により、タイヤ踏面での内面歪とタイヤ踏面以外でのタイヤ周方向内面歪の平均値であるベースライン歪値との差である歪変位量算出手段を算出した後、路面摩擦係数推定手段15により、上記算出された歪変位量の最大値と路面摩擦係数との関係を示すマップを用いて、上記算出された歪変位量の最大値から路面摩擦係数を推定する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 タイヤ内面の歪の時間変化から、タイヤと路面間の摩擦係数を推定するようにしたことを特徴とする路面摩擦係数の推定方法。

【請求項2】 タイヤ内面歪を計測する手段と、上記計測された歪の時間変化の波形を演算する手段と、上記歪の波形から路面摩擦係数推定値を演算する摩擦係数推定手段とを備えたことを特徴とする路面摩擦係数推定装置。

【請求項3】 上記タイヤ内面歪を、タイヤトレッド主溝部の内面歪としたことを特徴とする請求項2に記載の路面摩擦係数推定装置。

【請求項4】 タイヤの内面に歪ゲージを配設して、上記タイヤ内面歪を計測するようにしたことを特徴とする請求項2または請求項3に記載の路面摩擦係数推定装置。

【請求項5】 タイヤ踏面以外で計測したタイヤ内面歪の平均値であるベースライン歪値を算出するとともに、タイヤ踏面内で計測したタイヤ内面歪と上記ベースライン歪値との差である歪変位量を算出し、この歪変位量に基づいて路面摩擦係数の推定値を演算するようにしたことを特徴とする請求項2～請求項4のいずれかに記載の路面摩擦係数推定装置。

【請求項6】 上記歪変位量の平均値を算出するとともに、求め作成された歪変位量の平均値とタイヤと路面間の摩擦係数との関係を示すマップに基づいて、上記算出された歪変位量の平均値から路面摩擦係数の推定値を演算するようにしたことを特徴とする請求項5に記載の路面摩擦係数推定装置。

【請求項7】 上記歪変位量の最大値を算出するとともに、求め作成された歪変位量の最大値とタイヤと路面間の摩擦係数との関係を示すマップに基づいて、上記算出された歪変位量の最大値から路面摩擦係数の推定値を演算するようにしたことを特徴とする請求項5に記載の路面摩擦係数推定装置。

【請求項8】 路面摩擦係数の推定値を演算するためのマップを、上記ベースライン歪値の大きさに応じて変更するようにしたことを特徴とする請求項6または請求項7に記載の路面摩擦係数推定装置。

【請求項9】 請求項2～請求項8のいずれかに記載の路面摩擦係数推定装置と、上記推定装置で推定された路面摩擦係数の推定値に基づいて、走行時の路面状態を推定する路面状態推定手段とを備えたことを特徴とする路面状態推定装置。

【請求項10】 請求項2～請求項8のいずれかに記載の路面摩擦係数推定装置、あるいは請求項9に記載の路面状態推定装置を備えるとともに、上記路面摩擦係数の推定値あるいは上記推定された路面状態のいずれかに基づいて、路面状態の滑り易さを判定する手段と、路面状態が滑り易いと判定された場合には、警告を発する警告

手段とを備えたことを特徴とする路面滑り警告装置。

【請求項11】 タイヤ内面の歪を計測するステップと、上記歪の時間変化の波形を演算するステップと、上記演算された歪の波形から路面摩擦係数の推定値を求めるステップと、上記推定された路面摩擦係数の推定値に基づいて車両を制御するステップとを含むことを特徴とする車両制御方法。

【請求項12】 タイヤ内面の歪を計測するステップと、上記歪の時間変化の波形を演算するステップと、上記演算された歪の波形から路面摩擦係数の推定値を求めるステップと、上記路面摩擦係数の推定値から路面状態を推定するステップと、上記推定された路面状態に応じて車両を制御するステップとを含むことを特徴とする車両制御方法。

【請求項13】 タイヤ内面の歪を計測する手段と、上記歪の時間変化の波形を演算する手段と、上記演算された歪の波形から路面摩擦係数の推定値を求める路面摩擦係数推定手段と、上記推定された路面摩擦係数の推定値に基づいて車両を制御する車両制御手段とを備えたことを特徴とする車両制御装置。

【請求項14】 タイヤ内面の歪を計測する手段と、上記歪の時間変化の波形を演算する手段と、上記演算された歪の波形から路面摩擦係数の推定値を求める路面摩擦係数推定手段と、上記路面摩擦係数の推定値から路面状態を推定する路面状態推定手段と、上記推定された路面状態に基づいて車両を制御する車両制御手段とを備えたことを特徴とする車両制御装置。

【請求項15】 上記車両制御手段は、車輪のロック状態を制御する手段を備えたことを特徴とする請求項13または請求項14に記載の車両制御装置。

【請求項16】 上記車両制御手段は、車両の姿勢を制御する手段を備えたことを特徴とする請求項13または請求項14に記載の車両制御装置。

【請求項17】 上記車両制御手段は、タイヤの空気圧を制御する手段を備えたことを特徴とする請求項13または請求項14に記載の車両制御装置。

【請求項18】 上記車両制御手段は、車輪空転状態を制御する手段を備えたことを特徴とする請求項13または請求項14に記載の車両制御装置。

【請求項19】 上記車両制御手段は、自動運転システムの車間距離設定値を変更する制御を行う手段を備えたことを特徴とする請求項13または請求項14に記載の車両制御装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、車両の走行している路面の路面摩擦係数及び路面状態を推定する方法とその装置、及び上記推定された路面摩擦係数あるいは路面状態に基づいて車両を制御する方法とその装置に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】自動車の走行安定性を高めるため、タイヤと路面間の摩擦係数（路面摩擦係数）あるいは路面状態を精度良く推定し、車輌制御へフィードバックすることが求められている。予め上記路面摩擦係数や路面状態を推定することができれば、制動駆動や操舵といった危険回避の操作を起こす前に、例えば、A B Sブレーキのより高度な制御等が可能になり、安全性が一段と高まることが予想される。また、運転者に走行中の路面状態の危険度を伝えるだけでも、運転者が早めの減速動作を行えるようになり、事故の減少が期待できる。上記路面摩擦係数を推定する方法としては、例えば、車輌のペネ下とペネ上間の振動伝達特性から路面摩擦係数を推定する方法が提案されている（特開平11-94661号公報）。これは、車輪の上下方向の加速度であるペネ下加速度と、車体の上下方向の加速度であるペネ上加速度間の伝達関数の共振周波数  $f_r$  と、ゲイン比  $(G_r/G_s)$  と車速  $V$  から路面摩擦係数を推定するもので、路面摩擦係数の推定に操舵力を用いていないため、操舵がほとんど行われない直線路での走行においても路面摩擦係数を推定することができるものである。

## 【0003】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上記従来の方法では、ペネやダンパー等の緩衝特性の大きな懸架装置を介した2点間の振動の伝達特性から路面摩擦係数を推定しているため、路面の凹凸の影響を受けやすいといった問題点があった。例えば、雪上などの荒れた路面上においては、ペネ下の振動が大きくなるため、サスペンションによって振動が吸収されるペネ上の振動と、上記ペネ下の振動との振動レベル差が大きくなってしまい、路面摩擦係数を正確に推定することができなかつた。また、走行中のタイヤの歪状態を直接検知する方法として、例えば、タイヤのサイドトレッド部に、一方向に磁化された磁性粉を含むゴムを配設し、走行時のタイヤの変形状態を上記ゴムの変形に伴う磁化変化により検知する方法が提案されている（USP 5,895,854）が、上記方法は、変形の小さなサイドトレッド部の歪状態を検知しているため、制動などのタイヤにマクロな変形を及ぼす操作をしない限り、タイヤと路面との摩擦係数を正確に推定することは困難であった。

【0004】本発明は、従来の問題点に鑑みてなされたもので、車輌が走行している路面の路面摩擦係数あるいは路面状態を精度よく推定するとともに、上記推定された路面摩擦係数や路面状態を用いて車輌の走行状態をフィードバック制御し、車輌の安全性を高めることを目的とする。

## 【0005】

【課題を解決するための手段】本発明の請求項1に記載の路面摩擦係数の推定方法は、タイヤ内面の歪の時間変化から、タイヤと路面間の摩擦係数を推定するようにし

たことを特徴とする。上記タイヤ内面の歪は、走行時のタイヤの変形に起因するもので、このタイヤの変形状態は路面とタイヤとの摩擦係数の大きさに依存する。詳細には、タイヤは一定速度で転動していても、路面と接触している面（以下、踏面という）では、タイヤにかかる荷重により、タイヤにワイピング変形と呼ばれる撓み変形が生じる。すなわち、図1に示すように、タイヤ踏面2L内では、トレッド部2に踏面中心に向かって滑ろうとする力が作用して収縮変形が生じ、トレッド部2の見

10 かけ長さが短くなる。このワイピング変形の大きさは、タイヤTと路面Lとの間に作用する摩擦力の大きさに依存し、タイヤTと路面Lとの摩擦係数（路面摩擦係数）が低い場合には、路面Lからの拘束力が下がるためにワイピング変形が大きくなり、特に歪が集中する主溝幅の動きが大きくなる。上記主溝幅の動きを直接測定することは困難であるが、図2（a）に示すように、トレッド溝2Aが収縮する際には、タイヤトレッド内面2Bに引っ張り歪が生じるので、図2（b）に示すようなタイヤトレッドB内面2Bの歪の時間変化を計測することにより、路面摩擦係数を精度よく推定することができる。

【0006】請求項2に記載の路面摩擦係数推定装置は、タイヤ内面歪を計測する手段と、上記計測された歪の時間変化の波形を演算する手段と、上記歪の波形から路面摩擦係数推定値を演算する摩擦係数推定手段とを備えたものである。

【0007】請求項3に記載の路面摩擦係数推定装置は、タイヤトレッド主溝部の内面歪を計測し、この計測されたタイヤトレッド主溝部の時間変化の波形から路面摩擦係数の推定値を求めるようにしたものである。

【0008】請求項4に記載の路面摩擦係数推定装置は、タイヤの内面に歪ゲージを配設して、上記タイヤ内面歪を計測するようにしたものである。

【0009】請求項5に記載の路面摩擦係数推定装置は、タイヤ踏面以外で計測したタイヤ内面歪の平均値であるベースライン歪値を算出するとともに、タイヤ踏面内で計測したタイヤ内面歪と上記ベースライン歪値との差である歪変位量を算出し、この歪変位量に基づいて路面摩擦係数の推定値を求めるようにしたものである。

【0010】請求項6に記載の路面摩擦係数推定装置は、上記歪変位量の平均値を算出するとともに、予め作成された歪変位量の平均値と路面摩擦係数との関係を示すマップに基づいて、上記算出された歪変位量の平均値から路面摩擦係数の推定値を求めるようにしたものである。

【0011】請求項7に記載の路面摩擦係数推定装置は、上記歪変位量の最大値を算出するとともに、予め作成された歪変位量の最大値と路面摩擦係数との関係を示すマップに基づいて、上記算出された歪変位量の最大値から路面摩擦係数の推定値を求めるようにしたものである。

【0012】請求項8に記載の路面摩擦係数推定装置は、請求項6または請求項7に記載の路面摩擦係数の推定値を演算するためのマップを、上記ベースライン歪値の大きさに応じて変更するようにしたものである。なお、マップの変更を車速に応じて行うことも可能である。すなわち、上記請求項6～請求項8に記載のマップを、車速に応じた路面摩擦係数の推定値を演算するためのマップとともに、車速検出手段を設けて、検出された車速に応じて上記マップを変更するようにしてもよい。このとき、車速は、車速センサを設けて直接検出するか、上記計測されたタイヤ内面歪の時間変化からタイヤの回転速度を算出して検出する。

【0013】また、請求項9に記載の路面状態推定装置は、請求項2～請求項8のいずれかに記載の路面摩擦係数推定装置と、上記推定装置で推定された路面摩擦係数の推定値に基づいて走行時の路面状態を推定する路面状態推定手段とを備え、路面摩擦係数の推定値から路面状態を推定するようにしたものである。

【0014】また、請求項10に記載の路面滑りの警告装置は、請求項2～請求項8のいずれかに記載の路面摩擦係数推定装置、あるいは請求項9に記載の路面状態推定装置を備えるとともに、上記路面摩擦係数推定値あるいは上記推定された路面状態のいずれかに基づいて路面状態の滑り易さを判定する手段と、上記判定結果を乗員に警告する警告手段とを備え、路面状態が滑り易いと判定された場合には、乗員に警告を発するようにしたものである。

【0015】また、請求項11に記載の車輌制御方法は、タイヤ内面の歪を計測するステップと、上記歪の時間変化の波形を演算するステップと、上記演算された歪の波形から路面摩擦係数の推定値を求めるステップと、上記推定された路面摩擦係数の推定値に基づいて車輌を制御するステップとを含むことを特徴とする。

【0016】請求項12に記載の車輌制御方法は、タイヤ内面の歪を計測するステップと、上記歪の時間変化の波形を演算するステップと、上記演算された歪の波形から路面摩擦係数の推定値を求めるステップと、上記推定された路面摩擦係数の推定値から路面の状態を推定するステップと、上記推定された路面状態に応じて車輌を制御するステップとを含むことを特徴とする。

【0017】また、請求項13に記載の車輌制御装置は、タイヤ内面の歪を計測する手段と、上記歪の時間変化の波形を演算する手段と、上記演算された歪の波形から路面摩擦係数の推定値を求める路面摩擦係数推定手段と、上記推定された路面摩擦係数の推定値に基づいて車輌を制御する車輌制御手段とを備えたものである。

【0018】請求項14に記載の車輌制御装置は、タイヤ内面の歪を計測する手段と、上記歪の時間変化の波形を演算する手段と、上記演算された歪の波形から路面摩擦係数の推定値を求める路面摩擦係数推定手段と、上記

路面摩擦係数の推定値から路面状態を推定する路面状態推定手段を設けて、上記推定された路面状態に基づいて車輌を制御する車輌制御手段を備えたものである。なお、上記請求項13または請求項14に記載の車輌制御装置に、車速検出手段を設けて、車速に応じた路面摩擦係数を推定して車輌を制御することも可能である。このとき、車速は、車速センサを設けて直接検出するか、上記計測されたタイヤ内面歪の時間変化からタイヤの回転速度を算出して検出する。

【0019】請求項15に記載の車輌制御装置は、例えば、ABSなどの車輪のロック状態を制御して車輌の走行状態を制御する手段を備え、路面摩擦係数推定値あるいは推定された路面状態に基づいて車輪のロック状態の制御を行うようにしたものである。

【0020】請求項16に記載の車輌制御装置は、車輌の姿勢を制御して車輌の走行状態を制御する手段を備え、路面摩擦係数推定値あるいは推定された路面状態に基づいて、例えば、各車輪のブレーキ装置を個別に制御する際のブレーキ圧設定値等を変えるなどして、車輌の姿勢制御を行うようにしたものである。

【0021】請求項17に記載の車輌制御装置は、タイヤの空気圧を制御して車輌の走行状態を制御する手段を備え、路面摩擦係数推定値あるいは推定された路面状態に基づいて、タイヤの空気圧を増加または低減させる制御を行うようにしたものである。

【0022】請求項18に記載の車輌制御装置は、車輪空転状態を制御して車輌の走行状態を制御する手段を備え、路面摩擦係数推定値あるいは推定された路面状態に基づいて、ブレーキ装置あるいはエンジンエンジン回転数などを制御して車輪空転状態の制御を行うようにしたものである。

【0023】請求項19に記載の車輌制御装置は、自動運転システムの車間距離設定値を変更する制御を行う車輌制御手段を備え、路面摩擦係数推定値あるいは推定された路面状態に基づいて、上記車間距離設定値を変更し、車間距離を適正に設定する制御を行うようにしたものである。

【0024】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態について、図面に基づき説明する。

実施の形態1. 図3は、本実施の形態1に関わる路面とタイヤとの摩擦係数の値を推定する路面摩擦係数推定装置10の構成を示すブロック図である。同図において、11はタイヤトレッド主溝部のタイヤ内面歪を連続的に計測するための歪ゲージ、12は上記歪ゲージ11で計測されたタイヤ踏面以外でのタイヤ内面歪の平均値であるベースライン歪値を算出するベースライン算出手段、13は上記計測されたタイヤ踏面内のタイヤ内面歪と上記ベースライン歪値との差である歪変位量を算出する歪変位量算出手段、14は上記算出された歪変位量の最

大値を求める最大歪変位量算出手段、15は $\mu$ -マップ記憶手段16に記憶されている、求められた歪変位量の最大値と路面路面摩擦係数との関係を示すマップ(μ-マップ)を用いて、上記算出された歪変位量の最大値から路面摩擦係数の値を推定する路面摩擦係数推定手段である。本実施の形態1では、図4に示すように、歪ゲージ11をタイヤトレッドの内面に設置してタイヤ内面歪を計測する。上記歪ゲージ11としては、例えば、抵抗線歪ゲージや光ファイバー歪ゲージを用いることが望ましい。但し、抵抗線歪ゲージは温度による影響を受けやすいので、使用する際には、タイヤあるいは路面の温度あるいは外気温を別途測定して補正することが望ましい。なお、タイヤ内面歪を計測する手段としては、上記歪ゲージ11に限らず、非接触変位センサ、圧力センサ等の他のセンサを用いてもよい。

【0025】上記歪ゲージ11の取付位置は、タイヤトレッドの内面であれば特に制約されるものではないが、路面摩擦係数の推定精度を高くするためには、タイヤ内面歪の変化が大きく現われるタイヤトレッド主溝位置の内面に配置することが望ましい。なお、歪ゲージ11は所定の取付方向の歪み量を検出するので、タイヤ幅方向溝の内面ではタイヤの周方向歪を計測するように、タイヤ周方向溝の内面では、タイヤの幅方向歪を計測するように上記歪ゲージ11を配設することが望ましい。上記タイヤ内面の歪の大きさは、上述したように、走行時の路面状態、すなわち路面路面摩擦係数の大きさに依存する。実際に、タイヤ幅方向溝の内面に、周方向歪を測定する向きに歪ゲージ11を貼付けた車両を、摩擦係数の異なる路面で、試験速度20km/hで走行させてタイヤ内面歪の時間変化を測定した結果、タイヤ周方向歪は、図5に示すように、踏面内でタイヤ内面歪がほぼ单一のピークをもつような波形を示し、そのピーク値の大きさは、同図の実線で示すアスファルト上を走行している場合が最も小さく、雪上(同図の一点鎖線)、氷上(同図の破線)と、路面摩擦係数が小さくなる程、上記ピーク値が大きくなる傾向を示すことが確認された。

【0026】また、タイヤ周方向溝の内面に、幅方向歪を測定する向きに歪ゲージ11を貼付け、上記と同様の方法でタイヤ幅方向歪を測定した。図6は、アスファルト上(同図の実線)、雪上(同図の一点鎖線)及び氷上(同図の破線)におけるタイヤ内面歪の波形を示す図で、アスファルト上ではほぼ一山の波形を示すが、低 $\mu$ 路になる程、踏面中央部において谷を形成するようになる。これは、踏面中央部においては、周方向歪みと相対する力が生じており、低 $\mu$ 路では路面拘束力が小さいため、幅方向歪みが一旦開放されるためである。したがって、最も低 $\mu$ 路である氷上(同図の破線)では、2つのピークがはっきりと分離され、2つのピーク間で幅方向歪の値がかなり小さくなる。すなわち、タイヤ幅方向歪の波形は踏面内で2つのピークを有し、路面

10

20

30

40

50

摩擦係数が小さくなる程、上記2つのピーク間での歪量は大きく低下する傾向を示すことが確認された。

【0027】タイヤの内面歪は、路面摩擦係数が小さくなる程路面からの拘束が小さくなるため、上述したように、周方向においても幅方向歪においても、路面摩擦係数が小さくなるにしたがってトレッドの動き量、タイヤ内面歪の変化の大きさが大きくなる傾向を示す。すなわち、タイヤの内面歪の時間変化の波形を演算することにより、歪ゲージ11の取付位置に関わらず、車両の走行している路面の路面摩擦係数を推定することが可能となる。以下では、歪ゲージ11をタイヤ幅方向溝の内面に取付け、タイヤの周方向歪を計測した場合について説明する。

【0028】本実施の形態1では、タイヤ踏面内の歪量を評価する際に、タイヤ内面歪の計測値をそのまま用いるのではなく、タイヤ踏面内でのタイヤ内面歪と、タイヤ踏面以外でのタイヤ内面歪との差をとり、これを歪変位量とし、この歪変位量によりタイヤ内面歪を評価する(図2(b)参照)。このとき、基準となるタイヤ踏面以外でのタイヤ内面歪の値としては、タイヤ内面歪の最も小さいと考えられる、タイヤ踏面とは反対側の位置におけるタイヤ内面歪の計測値を用いてもよいが、ここでは、タイヤの振動の影響や測定のバラツキなどを考慮して、タイヤ踏面以外でのタイヤ内面歪の平均値(以下、ベースライン歪値という)を基準として、歪変位量を算出するようにしている。図7は、上記周方向歪測定を行った同じ路面において実車制動試験を行い、その制動距離からタイヤと試験路面の路面摩擦係数を算出して、この路面摩擦係数と周方向の歪変位量の最大値との関係を

求めた結果を示すグラフである。周方向の歪変位量の最大値と路面摩擦係数とは高い相関を示し、周方向の歪変位量の最大値は路面摩擦係数の増加に伴ってほぼ直線的に減少することが確認された。本実施の形態1では、上記試験結果から、周方向の歪変位量の最大値と路面摩擦係数と関係を予め $\mu$ -マップとして路面摩擦係数推定装置10の $\mu$ -マップ記憶手段16に記憶し、この $\mu$ -マップを用いて路面摩擦係数を推定する。

【0029】次に、上記路面摩擦係数推定装置10による路面摩擦係数の推定方法について説明する。まず、タイヤトレッド主溝部のタイヤ幅方向溝の内面に取付けられた歪ゲージ11により、タイヤ周方向の内面歪を連続的に計測する。上記計測された周方向の内面歪は、順次、ベースライン算出手段12と歪変位量算出手段13とに送られる。ベースライン算出手段12では、上記内面歪のデータからタイヤ踏面以外でのタイヤ周方向内面歪の平均値であるベースライン歪値を算出して歪変位量算出手段13に送る。歪変位量算出手段14では、上記計測された踏面内の周方向歪と上記ベースライン算出手段12で算出されたベースライン歪値との差を求めて歪変位量を算出して最大歪変位量算出手段14に送る。最

大歪変位量算出手段14では、上記算出された歪変位量の最大値を算出して路面摩擦係数推定手段15に送る。路面摩擦係数推定手段15では、 $\mu$ -マップ記憶手段16に記憶されている、歪変位量の最大値と路面路面摩擦係数との関係を示すマップ（ $\mu$ -マップ）を用いて、上記算出された歪変位量の最大値から路面摩擦係数の値を推定し、路面摩擦係数の推定値を算出する。

【0030】ところで、タイヤ変形量の大きさは、走行速度によっても変化するため、予め車速に応じたタイヤ内面歪と路面摩擦係数との関係（ここでは、車速に応じた歪変位量の最大値と路面路面摩擦係数との関係）を示すマップを作成しておき、タイヤ内面歪と走行中の車速とを検出し、上記マップを用いて、路面摩擦係数の値を推定するようにすれば、路面摩擦係数の推定精度を更に向上させることができる。なお、走行中の車速は、別途車速センサを設けて直接検出してもよいし、あるいは、図2（b）に示したような、計測されたタイヤ内面歪の時間変化から車速を検出するようにしてもよい。具体的には、例えば、タイヤ内面歪の歪みピークの発生周期からタイヤ回転速度を算出し、これを車速データとすればよい。

【0031】また、タイヤ変形量の大きさは、タイヤの内圧、温度あるいはトレッド摩耗量の経時変化などでも変わってくるため、予め上記各データの値に応じたマップを作成するとともに、上記各データの経時変化を記憶しておき、各データの変化に応じて自動的に的確なマップを選択するなどして、 $\mu$ -マップを適宜変更することが望ましい。例えば、内圧が低下すると、タイヤ撓み量が大きくなるので、ベースライン歪値は低下する。これにより、歪変位量が見かけ上大きくなる。そこで、例えば、ベースライン歪値により上記 $\mu$ -マップを変更する機能を路面摩擦係数推定装置10の中に組み入れて、ベースライン歪値により適宜採用する $\mu$ -マップを変更することにより、路面摩擦係数の推定精度を更に向上させることができる。あるいは、内圧が低下すると、タイヤ接地長が長くなるので、1サイクル時間中の歪ピーク幅（ピーク発生時間）から上記接地長を計算し、上記接地長により $\mu$ -マップを変更するようにしてもよい。また、いくつかの補正方法を組み合わせる事により、より精度の高いマップ選択を行うことが可能となる。また、この他に、マップの変更方法としては、運転者に乾燥路走行中にリセットスイッチを適宜押してもらい、その情報元に現状のマップを選択するようにしてもよい。

【0032】実施の形態2、上記実施の形態1では、タイヤの周方向歪を計測した場合について説明したが、歪ゲージ11をタイヤ周方向溝の内面に取付けてタイヤの幅方向歪を計測し、路面摩擦係数を推定することも可能である。幅方向歪は、上述したように、2つのピークをもち、路面摩擦係数が小さくなる程、2つのピーク間での歪の大きさが小さくなる傾向がある（図6参照）。図

8は、上記幅方向歪測定を行った同じ路面において実車制動試験を行い、その制動距離からタイヤと試験路面の路面摩擦係数を算出して、路面摩擦係数と幅方向歪変位量の平均値との関係を求めたグラフである。幅周方向の歪変位量の平均値と路面摩擦係数とは高い相関を示し、幅方向の歪変位量の平均値は路面摩擦係数の増加に伴ってほぼ直線的に増加することが確認された。本実施の形態2では、上記試験結果から、幅方向の歪変位量の平均値と路面摩擦係数との関係を予め第2の $\mu$ -マップとして $\mu$ -マップ記憶手段16に記憶し、この第2の $\mu$ -マップを用いて路面摩擦係数を推定する。すなわち、図9に示すように、本実施の形態2の路面摩擦係数推定装置10Aは、上記実施の形態1の最大歪変位量算出手段14に代えて、幅方向歪の歪変位量の平均値を算出する平均歪変位量算出手段17を設けるとともに、上記算出された歪変位量の平均値から路面摩擦係数の値を推定する路面摩擦係数推定手段15Aを設けて、上記第2の $\mu$ -マップを用いて、路面摩擦係数の推定値を算出する。

【0033】実施の形態3、上記実施の形態1、2では、路面摩擦係数を推定する方法について説明したが、上記算出された路面摩擦係数の推定値から路面がどの程度滑り易い状態にあるかを推定することが可能である。上述したように、路面摩擦係数の推定値は、車両の走行状態をフィードバック制御し車両の安全性を高めたり、運転者に路面状態の危険度を伝えたりするために用いられるものであるが、制御値としては路面摩擦係数の推定値そのものを用いるよりも、上記路面摩擦係数の推定値を複数のランクにランク分けし、路面の滑り易さの度合いを表わす状態（以下、推定路面状態という）に変換して用いた方が、車両の制御を行ったり、危険度を伝えたりする際には有効である。図10は、本実施の形態3に係わる路面状態推定装置20の構成を示す図で、10は上記実施の形態1の路面摩擦係数推定装置、21は上記路面摩擦係数推定装置10で得られた路面摩擦係数推定値をランク分けし、推定路面状態に変換する路面状態推定手段で、この路面状態推定手段21は、路面摩擦係数推定値 $\mu$ を、例えば、①高 $\mu$ 路（ $\mu \geq 0.6$ ）②中 $\mu$ 路（ $0.3 \leq \mu < 0.6$ ）、③低 $\mu$ 路（ $\mu < 0.3$ ）ように複数（ここでは3つ）の推定路面状態にランク分けすることにより、路面摩擦係数推定値 $\mu$ の値を推定路面状態に変換して出力する。

【0034】また、図11に示すように、上記路面状態推定装置20に、上記①～③の推定路面状態の安全度を判定する路面状態判定手段31と、この路面状態判定手段31の判定結果により路面状態が滑り易いと判定された場合には、運転者あるいは乗員に危険度を警告する警告手段32を付加することにより、路面滑り警告装置30を得ることができる。この路面滑り警告装置30は、例えば、推定路面状態が③の低 $\mu$ 路である場合には、路面状態判定手段31により、路面状態が滑り易いと判定

し、図示しない赤ランプを点滅させたり、上記赤ランプの点滅に加えて警報音を発するようにするなどして、運転者あるいは乗員に路面の危険度を警告する。なお、路面状態判定手段31を上記路面状態推定装置20内に組み込むことも可能である。あるいは、路面状態判定手段31を省略し、上記①～③の推定路面状態のうち、例えば、③低 $\mu$ 路の情報が警告手段32に入力されると直ちに警告が発せられるようにしてもよい。

【0035】上記実施の形態3では、実施の形態1の路面摩擦係数推定装置10を用いて路面状態推定装置20及び路面滑り警告装置30を構成したが、実施の形態2の路面摩擦係数推定装置10Aを用いても同様の効果が得られる。また、上記例では、路面摩擦係数推定値 $\mu$ の値を3つのランク（推定路面状態）にランク分けしたが、推定路面状態の設定方法はこれに限るものではなく、車両が使用される地域や環境等によって適宜設定される。なお、例えば路面摩擦係数推定値 $\mu$ が所定の値以下である場合には、運転者あるいは乗員に危険を警告するなど、路面摩擦係数推定値 $\mu$ の値を直接用いた路面滑り警告装置を構成することも可能である。

【0036】実施の形態4、図12は、本実施の形態4に係わる車両制御装置40の構成を示す図で、車両制御装置40は、上記路面状態推定装置20と、この路面状態推定装置20で推定された路面状態に応じて、車両の走行状態を制御する車両制御手段41とを備えている。この車両制御手段41は、路面摩擦係数推定装置20で推定された路面状態に応じて、ABSブレーキシステムの制御ロジックを変更することにより車輪速度を制御し、滑りやすい路面での制動距離を短縮する制御を行う。ABSブレーキシステムは、高摩擦係数が得られるスリップ率（10～30%）に車輪速度を制御しようとするものであるが、低 $\mu$ 路においては路面からの拘束が小さいために、ある一定のブレーキトルクを与えた際に車輪減速度が非常に高くなり、いわゆるロック状態になりやすい。ロックになると、制動距離が長くなるばかりでなく、操舵力が極端に低下し車両方向のコントロール性を失うので好ましくない。本実施の形態4では、路面状態推定装置20により路面状態を推定し、上述した③の低 $\mu$ 路（ $\mu < 0.3$ ）においては、ロックに至らないようにABSブレーキシステムの制御ロジックを変更して、ブレーキトルクを与える油圧増加速度やABSモードに入る油圧閾値を低下するような制御を行うようにしたので、低 $\mu$ 路での制動距離を短くすることができる。

### 【0037】

【実施例】上記車両制御装置40を搭載した車両を用い、路面状態推定装置20により得られた推定路面状態に基づき、ABS制動ロジックを自動修正するようにした上で、乾燥アスファルト上、氷路上において制動試験を行った。制動ロジックの修正方法としては、①高 $\mu$ 路（ $\mu \geq 0.6$ ）では従来の設定のままでし、②中 $\mu$ 路

（0.3  $\leq \mu < 0.6$ ）及び③低 $\mu$ 路（ $\mu < 0.3$ ）では、ABSモードに入る油圧閾値、及び油圧の増圧速度を低下させるように、制御プログラム修正を実施した。乾燥アスファルト上では、速度80km/hrからの平均制動距離の逆数を修正なしの制動距離を100とした指数で表したとき、高 $\mu$ 路では従来と同様の制御を行っているので、平均制動距離の逆数は従来と同じ100であった。一方、低 $\mu$ 路である氷路上では、速度20km/hrからの平均制動距離の逆数を修正なしの制動距離を100とした指数で表したとき119となり、制動距離が大幅に短縮した。このように、特に危険な路面である氷路においては、車両制御装置40により、危険回避行為である制動前に、走行路面が低 $\mu$ 路であることを判定して、ABSブレーキシステムの制御ロジックを変更するABS制御を行うことができ、制動距離を大幅に短縮できることが確認された。

【0038】実施の形態5、上記実施の形態4では、車両制御手段41において、推定路面状態に応じてABSブレーキシステムの制御ロジックを変更して、滑りやすい路面での制動距離を短縮する制御を行うようになつたが、上記ABS制御に代えて、タイヤ内圧制御をおこなうようにしてもよい。例えば、氷上のような低 $\mu$ 路では、タイヤ内圧を低下させることにより、上記低 $\mu$ 路での制動距離を短くできる。すなわち、路面状態推定装置20により、走行路面が低 $\mu$ 路であると推定された場合には、車両制御手段41により、タイヤ内圧を自動あるいは手動により低下させる。これにより、タイヤ接地面積が増加し、路面とタイヤとの摩擦力が増加するので、制動距離を短縮することが可能になる。なお、タイヤ内圧自動調整システムはいかなるものであつても良いが、例えば、圧力計、コントローラー、圧力調整弁付ホイール、フレキシブルジョイントホース、予備タンク、コンプレッサーなどから構成される。

### 【0039】

【実施例】上記車両制御装置40を搭載した車両を用い、路面状態推定装置20により得られた推定路面状態に基づき、タイヤ内圧を制御するようにした上で、乾燥アスファルト上、氷路上において制動試験を行った。タイヤ内圧の制御方法としては、①高 $\mu$ 路（ $\mu \geq 0.6$ ）及び②中 $\mu$ 路（0.3  $\leq \mu < 0.6$ ）では従来の設定（内圧220kPa）のままでし、③低 $\mu$ 路（ $\mu < 0.3$ ）では、内圧を160kPaに低下させるように設定した。乾燥アスファルト上では速度80km/hrからの平均制動距離の逆数を、修正なしの制動距離を100とした指数で表すと、高 $\mu$ 路では従来と同様の制御を行っているので、平均制動距離の逆数は従来と同じ100であった。一方、低 $\mu$ 路である氷路上では速度20km/hrからの平均制動距離の逆数を修正なしの制動距離を100とした指数で表すと、114となり、制動距離が大幅に短縮した。このように、特に危険な路面である

氷路において、危険回避行為である制動前に、走行路面が低 $\mu$ 路であることを判定し、タイヤ内圧を低下させる制御を行って路面とタイヤとの摩擦力を増加させることにより、制動距離を大幅に短縮できることが確認された。

【0040】なお、上記実施の形態4、5の車両制御装置40では、路面状態推定装置20からの推定路面状態に基づき、車輪のロック状態やタイヤ内圧などの制御を行って車両の走行状態を制御するようにしたが、上記実施の形態1、2の路面摩擦係数推定装置10、10Aからの路面摩擦係数の推定値を直接用いて車両の走行状態を制御することも可能であることは言うまでもない。

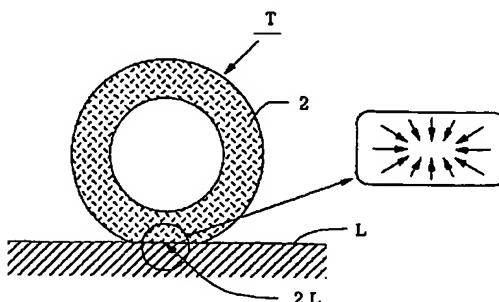
【0041】また、上記実施の形態4、5では、推定路面状態に基づき、車輪のロック状態あるいはタイヤ内圧を制御して低 $\mu$ 路での制動距離を短縮するようにしたが、車両の姿勢を制御する車両制御手段を設け、路面摩擦係数推定値あるいは推定された路面状態に基づいて、例えば、各車輪のブレーキ装置を個別に制御する際のブレーキ圧値等を変えて、車両の姿勢制御を行うことによっても、低 $\mu$ 路での操舵性を高めることができ、各路面での走行安全性を向上させることができる。また、車輪空転状態を制御する車両制御手段を備え、路面摩擦係数推定値あるいは推定された路面状態に基づいて、ブレーキ装置あるいはエンジンエンジン回転数などを制御して車輪空転状態の制御を行うことによっても、車両の走行安全性を向上させることができる。

【0042】また、自動運転システムを搭載した車両において、車間距離設定値を変更する制御を行う車両制御手段を備え、路面摩擦係数推定値あるいは推定された路面状態に基づいて、上記車間距離設定値を変更し、車間距離を適正に設定する制御を行うようにすることにより、低 $\mu$ 路においても確実に安全な車間距離を保つことができる。

#### 【0043】

【発明の効果】以上説明したように本発明によれば、タイヤと路面との間に作用する摩擦力の大きさに直接依存するタイヤ内面歪を計測し、このタイヤ内面歪の時間変

【図1】



化に基づいて路面摩擦係数を推定するようにしたので、路面摩擦係数や路面状態を精度よく推定することができる。また、上記推定された路面摩擦係数や路面状態を用いて、路面状態の危険度を乗員に警告したり、車両の走行状態をフィードバック制御することができるので、車両の安全性を高めることができる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】 走行時のタイヤの変形状態を説明するための図である。

【図2】 タイヤ内面の歪の時間的変化を示す図である。

【図3】 本実施の形態1に係わる路面摩擦係数推定装置の構成を示す図である。

【図4】 歪ゲージの設置位置を示す模式図である。

【図5】 タイヤ周方向歪の時間変化を示す図である。

【図6】 タイヤ幅方向歪の時間変化を示す図である。

【図7】 路面摩擦係数と最大歪変位量との関係を示す図である。

【図8】 路面摩擦係数と平均歪変位量との関係を示す図である。

【図9】 本実施の形態2に係わる路面摩擦係数推定装置の構成を示す図である。

【図10】 本実施の形態3に係わる路面状態推定装置の構成を示す図である。

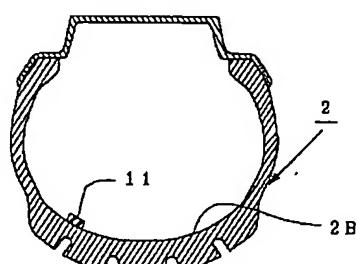
【図11】 本実施の形態3に係わる路面滑り警告装置の構成を示す図である。

【図12】 本実施の形態4に係わる車両制御装置の構成を示す図である。

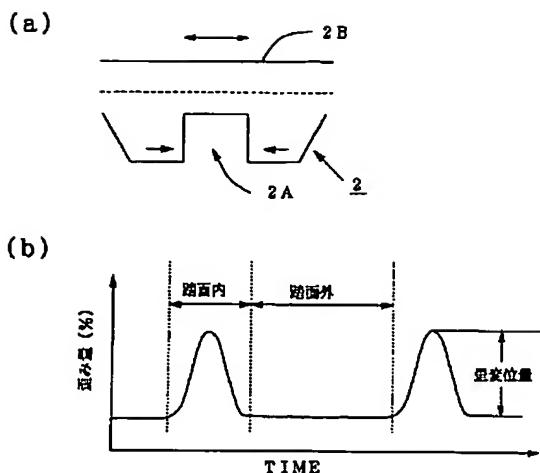
#### 【符号の説明】

30 10 路面摩擦係数推定装置、11 歪ゲージ、12 ベースライン算出手段、13 歪変位量算出手段、14 最大歪変位量算出手段、15 路面摩擦係数推定手段、16  $\mu$ -マップ記憶手段、17 平均歪変位量算出手段、20 路面状態推定装置、21 路面状態推定手段、30 路面滑り警告装置、31 路面状態判定手段、32 警告手段、40 車両制御装置、41 車両制御手段。

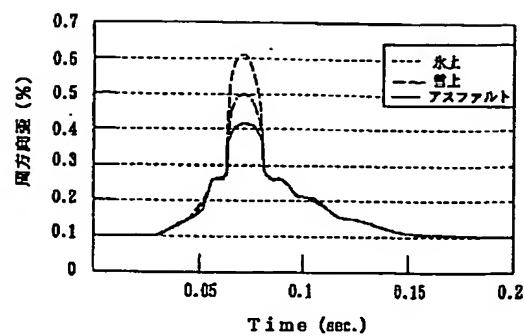
【図4】



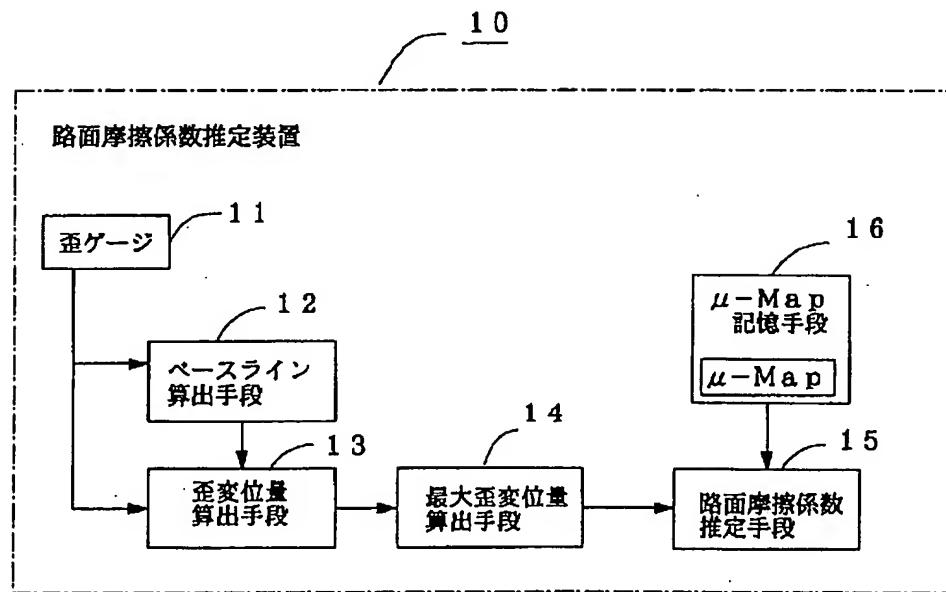
【図2】



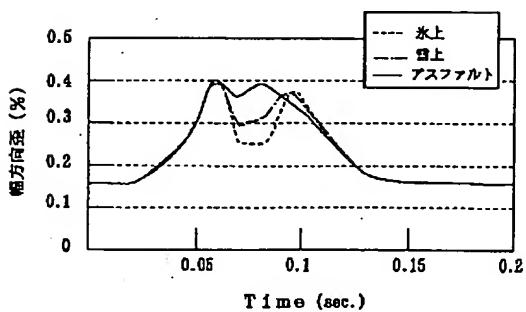
【図5】



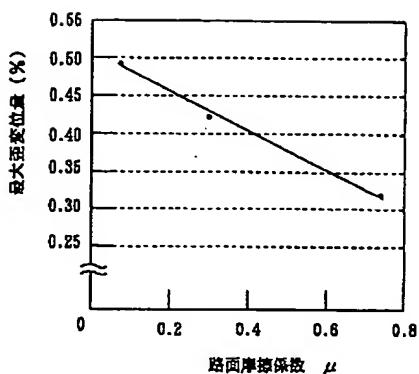
【図3】



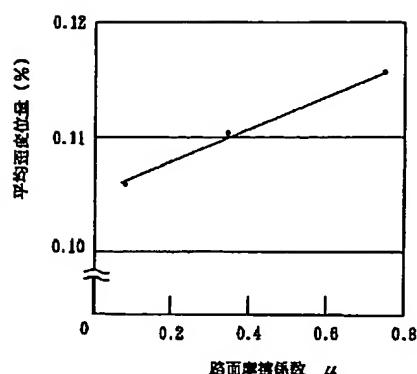
【図6】



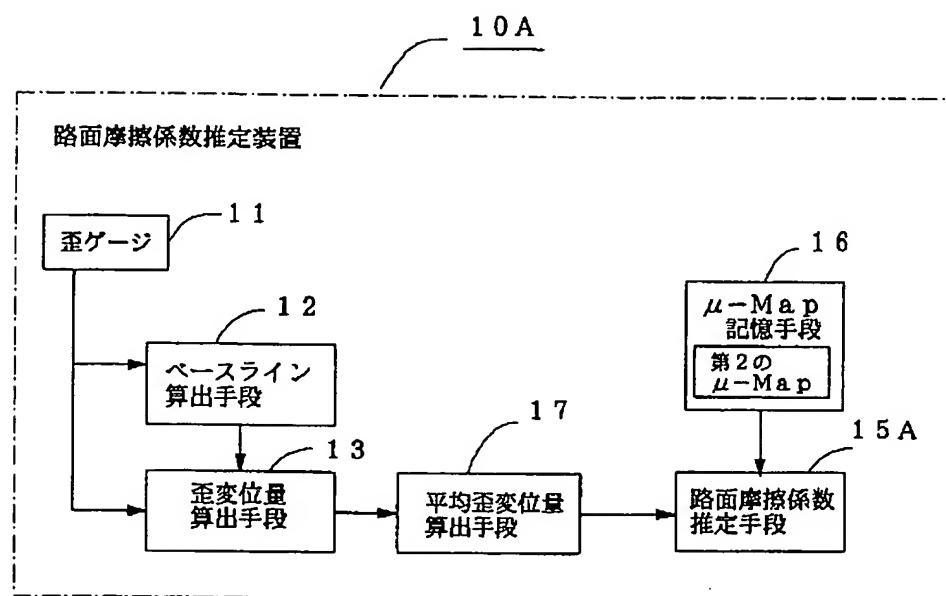
【図7】



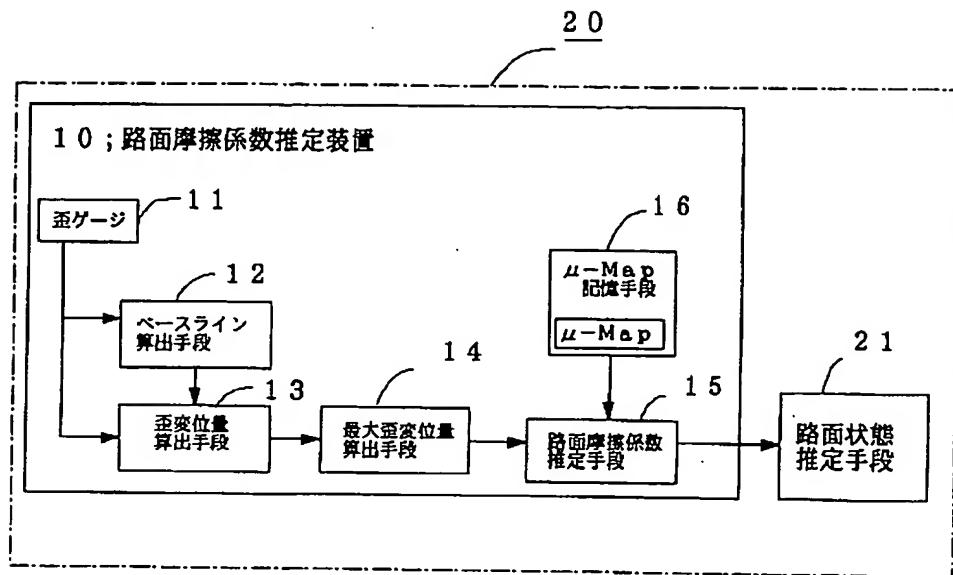
【図8】



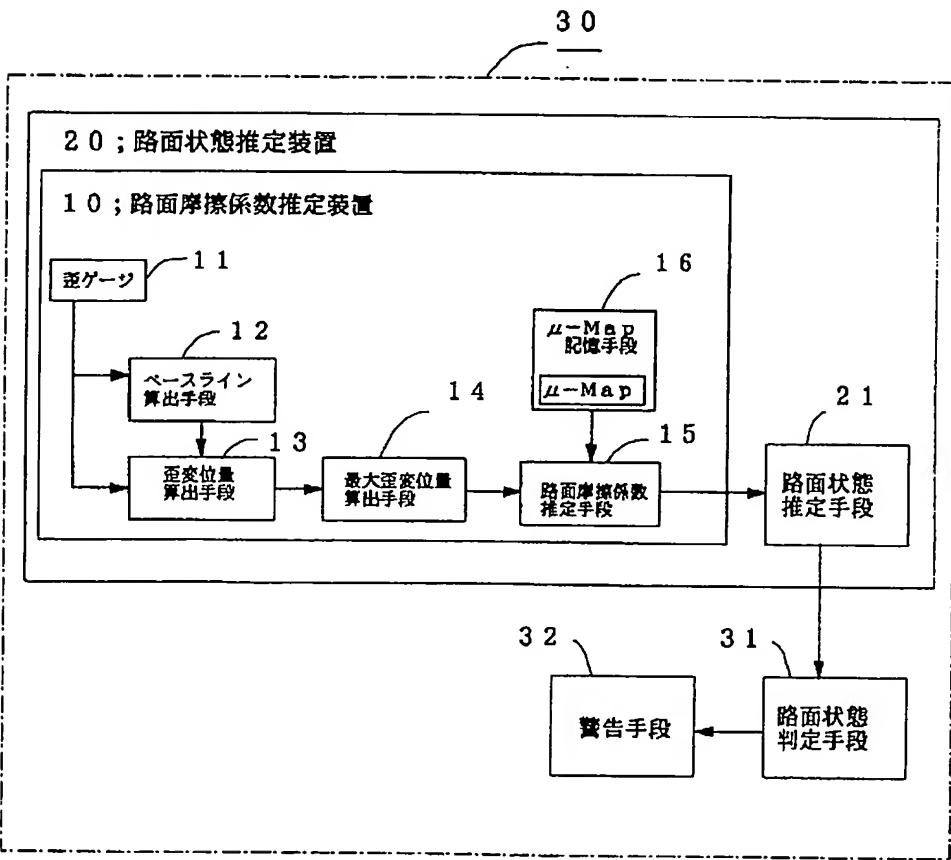
【図9】



【図 10】

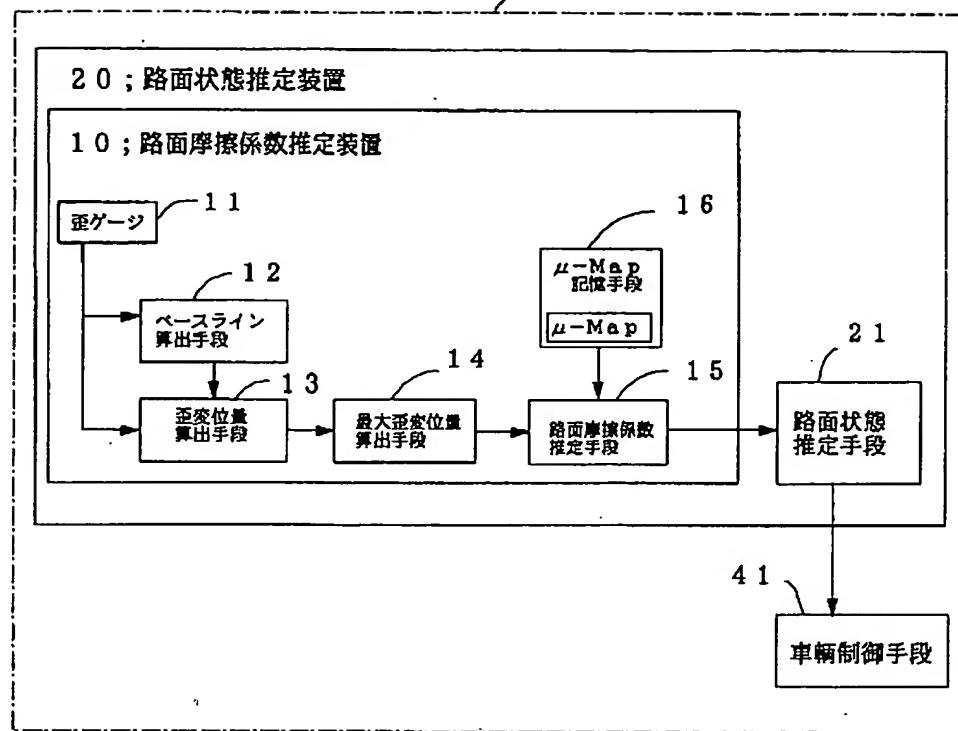


【図 11】



[図 12 ]

40



フロントページの続き

(51) Int. Cl.	識別記号	F I	テーマコード* (参考)
B60R 21/00	626	B60R 21/00	626 B
	628		626 D
F02D 29/02	301	F02D 29/02	628 F
G01N 19/02		G01N 19/02	301 D
			G01N 19/02 B

F ターム(参考) 3D041 AA48 AA49 AA71 AB01 AC01  
 AC28 AD47 AD50 AD51 AE03  
 AE41 AE43 AF01  
 3D044 AA25 AB01 AC01 AC26 AD02  
 AD21 AE01 AE21  
 3D046 BB23 BB28 BB29 HH15 HH16  
 HH46 JJ02 JJ19  
 3G093 AA01 BA01 BA04 BA23 CB11  
 CB12 DA01 DB05 DB21 EA03  
 EB04 FA01 FA06 FA10 FA12